

1.1 Circolazione ferroviaria – Principi generali

Sistema ferroviario

VEICOLI

TRENO: qualsiasi veicolo di trazione che debba viaggiare tra due località di servizio o che parte e ritorna alla stessa località dopo avere disimpegnato un servizio lungo la linea. La denominazione di treno viene assunta *alla partenza*, e viene conservata *durante il viaggio, l'arrivo, la sosta e la partenza nei punti intermedi* del percorso *fino all'arrivo nella località terminale*. Durante le soste, qualsiasi movimento viene definito *manovra*.

Veicolo in manovra: qualsiasi spostamento di veicoli di trazione (o generici) che si svolge nell'ambito di una località di servizio → tranne l'avvio di un treno che ha ricevuto l'ordine di partenza e l'ingresso di un treno in arrivo (fino al punto di normale fermata).

Tradotta: treno avente caratteristiche di circolazione particolari e limitate, impiegati per lo scambio di veicoli tra stazione e altri impianti → solitamente, mezzo di trazione che servizio su una linea breve da un impianto industriale fino ad uno scalo merci (4-5 km con circolazione a vista → velocità esigue, pochi treni al giorno).

Mezzo d'opera: rotabile ferroviario usato per la manutenzione/rilievo diagnostico dell'infrastruttura, soccorso/ricognizione in linea; può essere o meno dotato di trazione autonoma e cabina di guida.

L'identificazione dei treni avviene univocamente tramite codice numerico → regola del 7!!!

In Italia i treni circolano a sinistra, per questo motivo sulle linea a doppio binario, il binario di sinistra viene detto *binario legale*, mentre quello di destra sarà invece il *binario illegale*. In caso di linea a circolazione banalizzata i treni possono circolare sia sul binario di destra (che, in questo caso, non prenderà il nome di binario illegale) che su quello di sinistra.

Ogni treno è poi accompagnato da documenti detti prescrizioni, esse si dividono in: prescrizioni di *movimento* (dettate da un Dirigente del Movimento, inerenti all'uso dell'infrastruttura tra la stazione di partenza e quella di arrivo) e prescrizioni *tecniche* (inerenti carico e circolabilità del materiale rotabile).

OPERAZIONI

Vediamo quali sono le operazioni dette di **movimento**:

1. **TRANSITO:** ingresso ed uscita di un treno in una stazione senza che vi faccia una fermata;
2. **FERMATA:** arresto di un treno, tipicamente per il servizio viaggiatori;
3. **ARRIVO:** ingresso di un treno avente destinazione, transito o fermata;
4. **PARTENZA:** uscita di un treno avente origine, transito o fermata;
5. **PRECEDENZA:** superamento di un treno da parte di un altro più veloce;
6. **INCROCIO:** arresto di un treno per la circolazione di un altro in senso opposto;
7. **DEVIAZIONE:** cambiamento di linea nei bivi e nelle stazione di diramazione.

NOTA: tali operazioni possono essere dirette solo da personale abilitato; inoltre, nelle stazioni con binari comunicanti, è necessario l'intervento di agenti abilitati al movimento. Le prime 4 vengono definite *operazioni di corsa* (non coinvolgono impianti che modificano l'itinerario del treno) e possono essere eseguite anche da agenti NON abilitati al movimento.

Elenchiamo ora quelle operazioni dette di **manovra**:

8. **MANOVRA**: spostamento di un veicolo da un binario ad un altro nell'ambito di una stazione;
9. **COMPOSIZIONE**: formazione di un treno agganciandovi i veicoli opportuni;
10. **SCOMPOSIZIONE**: sezionamento di un treno separando i veicoli che lo compongono;
11. **PIAZZAMENTO**: posizionamento di un treno su un binario di partenza per effettuare le operazioni preliminari al servizio che gli è stato affidato;
12. **RICOVERO**: spostamento di un treno dal binario di arrivo a un binario di scalo al termine del servizio che ha appena concluso.

NOTA: le operazioni di manovra avvengono direttamente nell'ambito *interno* delle stazioni (no occupazione da parte dei veicoli di tratti di linea esterni). Sono svolte da agenti incaricati sotto la responsabilità di agenti abilitati al movimento (in casi particolari anche dal personale dei treni).

Vediamo le operazioni di **sicurezza della circolazione**:

13. **DISCIPLINA DELLA CIRCOLAZIONE, DISTANZIAMENTO DEI TRENI**: mantenimento di una distanza di sicurezza tra ogni treno, superiore alla distanza di arresto;
14. **ORGANIZZAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE**: strutturazione organizzativa degli agenti addetti alla circolazione e alla produzione del servizio, nonché degli impianti tecnologici. v

Infine, troviamo le operazioni **tecniche**:

15. **FORMAZIONE TRENI**: composizione e definizione delle modalità di servizio di ogni singolo treno, in funzione dell'infrastruttura e del materiale rotabile disponibile;
16. **VERIFICA TECNICA**: accertamento delle condizioni di servizio dei veicoli in composizione a ogni singolo treno prima della partenza sulle *condizioni di carico*, sull'*efficacia dell'impianto frenante* e sulla *regolarità amministrativa*;
17. **MANUTENZIONE**: insieme delle attività tecniche, amministrative e gestionali da attuare durante il ciclo di un'entità, affinché espletati le funzioni richieste e fornisca le prestazioni previste rispettando le specifiche di sicurezza imposte dalla normativa;
18. **CONDOTTA DEI TRENI**: insieme delle azioni compiute dagli agenti ai quali è affidata la guida dei treni in linea e nelle stazioni rispettando le prescrizioni ricevute dal personale di movimento che regola la circolazione.

NOTA: la 15 e la 16 sono svolte dal personale delle Imprese Ferroviarie, parallelamente alla composizione dei treni e alla loro predisposizione alla circolazione in linea (stazioni di partenza, scali merci e impianti intermodali). LA 18 può essere svolta dalle strutture interne delle aziende ferroviarie oppure affidata in appalto a soggetti esterni (→ *veicoli* Imprese Ferroviarie; → *infrastruttura* Gestore dell'Infrastruttura)

PERSONALE DI SERVIZIO

Vediamo il personale relativo all'ambito **movimento dei treni – gestore dell'infrastruttura**:

- **DIRIGENTE MOVIMENTO (DM)**: agente abilitato alle operazioni di movimento (1-6) e responsabile di quelle svolte da agenti meno qualificati (7-12). Le sue responsabilità sono *sicurezza della circolazione* nell'ambito della propria stazione e nei tratti compresa tra questa e quelle confinanti e *regolarità del servizio prodotto*, nei limiti della propria area di competenza;
- **DIRIGENTE CENTRALE (DC)**: dirigente responsabile della *regolarità* del servizio prodotto su uno o più tratti di linea di propria competenza; il DC *coordina* i DM delle stazioni, ai quali è affidata la sicurezza;

- **DIRIGENTE CENTRALE OPERATIVO (DCO):** dirigente responsabile della *sicurezza* lungo uno o più tratti di linea, telecomandando gli apparati di sicurezza dislocati il linea e nelle stazioni (impresenziate);
- **DEVIATORE-GUARDIA BLOCCO:** agente non abilitato al movimento dei treni al quale è affidata l'esecuzione operativa delle operazioni di movimento di cui è responsabile il DM;
- **MANOVRATORE:** agente al quale è affidata l'esecuzione operativa delle operazioni 8-12 sotto responsabilità di un dirigente;
- **PERSONALE DI STAZIONE:** operatori responsabili della direzione e dell'esecuzione delle operazioni di movimento e di manovra.

Dal punto di vista della **trazione – Impresa ferroviaria** invece abbiamo:

- **FORMATORE TRENO (FT):** agente addetto a definire le modalità di marcia dei treni in funzione delle caratteristiche tecniche e funzionali dei veicoli e delle linee che essi devono percorrere;
- **VERIFICATORE:** agente addetto all'ispezione e alla verifica tecnica dei veicoli posti in composizione ai treni sotto la direzione di un FT;
- **MACCHINISTA:** agente incaricato della conduzione dei treni in linea e in stazione adempiendo alle prescrizioni che riceve durante la marcia e alle prescrizioni che riceve prima della partenza dal DM;
- **CAPOTRENO:** agente incaricato, in particolare, dei rapporti con l'utenza nell'espletamento del servizio viaggiatori;
- **PERSONALE DI CONDOTTA:** insieme degli operatori responsabili della conduzione dei treni;
- **PERSONALE DI ACCOMPAGNAMENTO o SCORTA AI TRENI:** insieme degli operatori viaggianti sui treni e incaricati dei rapporti con i viaggiatori.

INFRASTRUTTURA

Gli impianti ferroviari nei quali si svolge la circolazione dei treni si dividono in **linee** e **posti di servizio**.

Le **linee ferroviarie** sono costituite da uno o più binari adibiti alla circolazione dei veicoli *senza la possibilità che questi possano spostarsi da un binario all'altro*. Esse si suddividono in:

- **LINEE:** propriamente dette, sulle quale circolano i *treni* (vd. def), la cui marcia deve essere *disciplinata da regimi di circolazione e regolata da sistemi di esercizio*;
- **RACCORDI:** linee sulle quali circolano le *tradotte* (vd. def);
- **LINEE A BINARIO SEMPLICE/UNICO:** l'unico binario è utilizzato *promiscuamente* per la circolazione dei treni nei due sensi di marcia;
- **LINEE A DOPPIO BINARIO:** ogni binario è specializzato per la circolazione in un senso di marcia;
- **LINEE A CIRCOLAZIONE BANALIZZATA:** linee a doppio binario sulle quali è ammessa la circolazione dei treni anche sul binario di destra in *condizioni di esercizio regolare*.

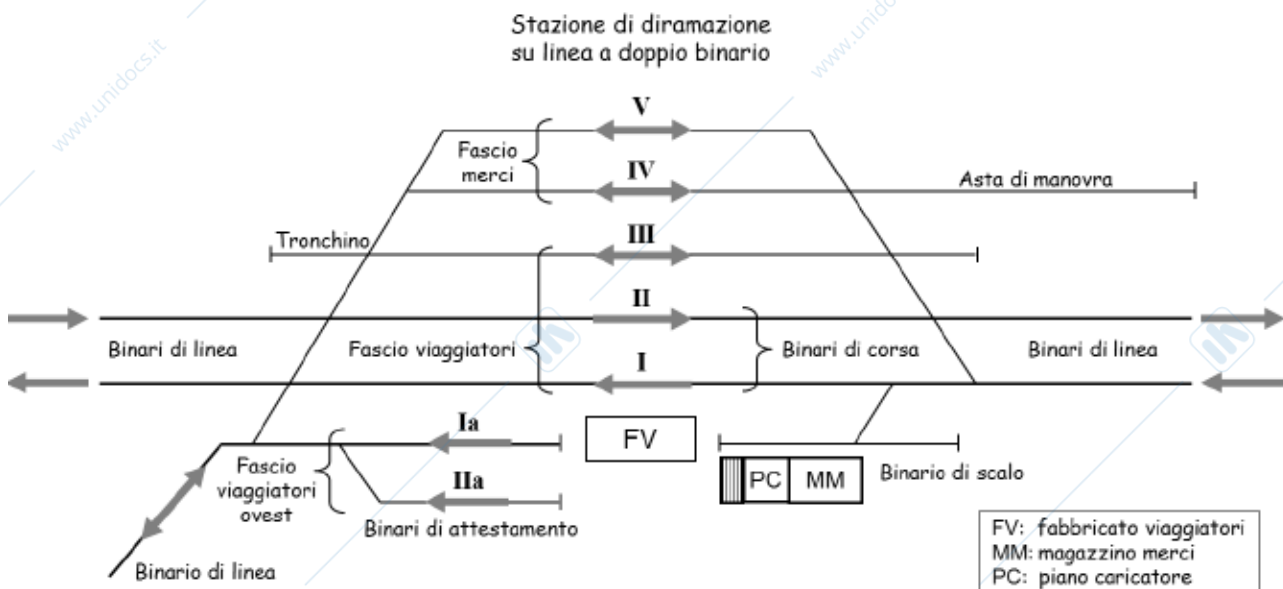
Il termine **dispositivi di armamento** (o piazzale o piano del ferro) è il *complesso dei binari e dei relativi apparati* che attrezzano i posti di servizio, vediamo ora nel dettaglio qualche ulteriore definizione:

- **ENTI DI STAZIONE/PIAZZALE:** complesso dei dispositivi di sicurezza che costituiscono il piazzale per regolare in sicurezza il movimento dei treni al suo interno e verso l'esterno;
- **ENTI DI CAMPAGNA:** complesso dei dispositivi di sicurezza situati in piena linea;
- **APPARATI DI MANOVRA DEGLI ENTI DI STAZIONE:** dispositivi manuali/elettromeccanici che permettono di configurare il piazzale secondo il movimento che i treni devono compiere;
- **IMPIANTI DI SEGNALAMENTO:** dispositivi luminosi/digitali di comunicazione *terra-treno* che forniscono prescrizioni di movimento relative all'ingresso/uscita in/da un stazione;

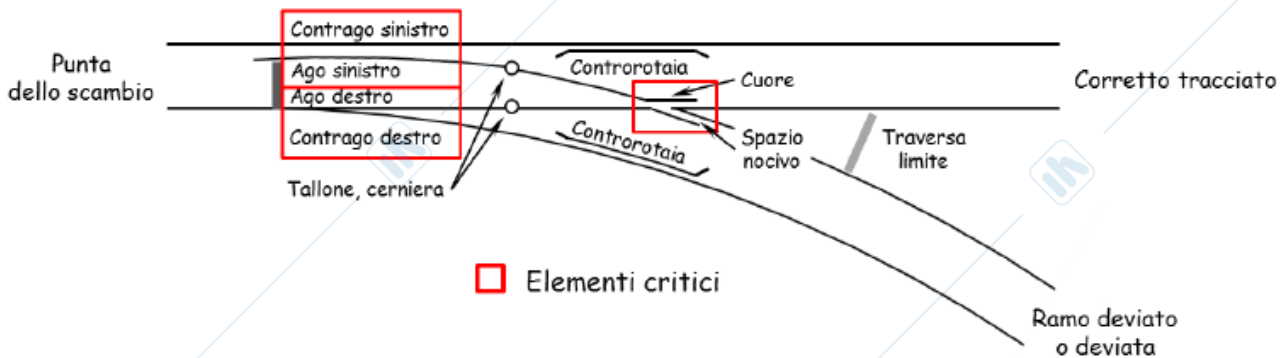
- **IMPIANTI DI TELECOMUNICAZIONE:** dispositivi che permettono al responsabile del movimento di scambiare dispacci con le altre stazioni, necessari per la regolazione della circolazione;
- **COLLEGAMENTI DI SICUREZZA:** vincoli meccanici/elettrici/informatici tra un segnale e gli enti di piazzale aventi i seguenti requisiti:
 - per disporre i segnali a via libera gli enti devono essere disposti e assicurati nella giusta configurazione;
 - per rimuovere gli enti da questa configurazione i segnali devono essere riportati a via impedita.

Il complesso dei **binari** di cui una stazione è dotata si definisce *dispositivo di armamento/piazzale*, essi vengono distinti come segue:

- **BINARI DI CIRCOLAZIONE:** vi si possono svolgere tutte le operazioni di movimento (1-7) e adottando specifiche modalità cautelative anche operazioni quali la composizione. Di norma, non vengono impiegati per la sosta e il ricovero;
- **BINARI SECONDARI:** vi si svolgono le operazioni di manovra (8-12) unitamente a scarico/carico;
- **BINARI DI CORSA O CORRETTO TRACCIATO:** binari di circolazione che costituiscono la diretta prosecuzione della linea nell'ambito della stazione, utilizzabili per operazioni da 1 a 4 (percorsi senza deviazione verso gli altri binari del piazzale);
- **BINARI DI RICEVIMENTO/STAZIONAMENTO:** binari di circolazione, delimitati da due scambi estremi o da uno scambio e un paraurti, sui quali i treni espletano il loro servizio in stazione;
- **BINARI DEVIATI:** binari percorribili a velocità ridotta che collegano i vari binari della stazione → in particolare collegano i binari di corsa con gli altri binari di circolazione;
- **BINARI TRONCHI:** binari privi di uscita delimitati da un paraurti;
- **ASTE DI MANOVRA:** binari tronchi di lunghezza adeguata ad accogliere un treno in trasferimento da un binario ad un altro ad esso parallelo;
- **ITINERARI:** percorsi di ingresso/uscita in/da una stazione;
- **ISTRADAMENTI:** percorsi di manovra interni ad una stazione.



Presentiamo ora un piccolo schema di quello che viene detto scambio o **dispositivo di deviazione**:



Si definisce **posto di servizio** (posto fisso/località di servizio) un luogo dislocato lungo la linea avente diverse caratteristiche/funzioni relative alla circolazione o al movimento → in quanto dotati di *dispositivi di deviazione*. Vengono così classificati:

- **STAZIONE**: località di servizio normalmente delimitata da segnalamento di protezione utilizzata per la regolazione della circolazione e munita di impianti che permettono di fare incroci (*linee a binario unico*) e precedenza → sono *posti di movimento* in cui si possono fare tutte le 18 operazioni definite sopra. Ne esistono di diverse tipologie:
 - *posto di movimento*: stazione non adibita al servizio pubblico (merci e passeggeri);
 - *stazione di diramazione*: stazione nella quale convergono una o più linee;
 - *stazione di passaggio*: tra semplice e doppio binario.
- **FERMATA**: località adibita all'esclusivo servizio dei viaggiatori, che *non interviene* nel distanziamento e *non è usata* per incroci, precedenza e manovre → normalmente impresenziata;
- **POSTI DI COMUNICAZIONE**: località di servizio su *linea a doppio binario* protetta da segnali di blocco, munita di comunicazione per il passaggio da un binario all'altro (NO precedenza e NO segnali di partenza);
- **POSTO DI BLOCCO INTERMEDIO**: posto di servizio localizzato tra due stazioni successive, munito di segnali fissi e adibito al solo distanziamento dei treni;
- **BIVIO**: località di servizio protetta da segnali fissi e situata fuori dalle stazioni, munita di impianti di diramazione tra due o più linee;
- **POSTO DI PASSAGGIO**: posto fisso (protetto da segnali fissi) situato in linea munito di impianti confluenza da doppio binario a binario unico;
- **ATTRAVERSAMENTO**: località di servizio protetta da segnali fissi e situata fuori stazione munita di impianti di intersezione di più linee;
- **STAZIONE DISABILITATA**: stazione senza DM → NO incroci, precedenza o manovre;
- **POSTO DI MOVIMENTO INTERMEDIO**: posto di movimento situato tra due stazioni molto distanti per svolgere incroci/precedenza e quindi per aumentare la potenzialità della linea;
- **POSTO CENTRALE DI COORDINAMENTO**: località di servizio in cui opera un DC che governa la *regolarità della circolazione* su una linea dotata di stazioni presenziate, la sicurezza è affidata ai dirigenti delle singole stazioni;
- **POSTO CENTRALE OPERATIVO**: località di servizio nella quale è presente un DCO che disciplina la *sicurezza* su linea dotata di stazioni impresenziate → da qui vengono telecomandati gli apparati di sicurezza (di stazione, linea e posti fissi);

- **PASSAGGIO A LIVELLO**: punto di intersezione tra i binari delle linee e la viabilità stradale possono essere "di linea" o "di stazione";
- **POSTO INTERMEDIO**: stazione disabilitata o località di servizio non presenziata → può essere telecomandato (impresenziato) o meno (DM + eventuale guardiablocco);
- **POSTO DI LINEA**: posto fisso di custodia dei PL o altro posto fisso di vigilanza;
- **POSTO DI ESODO**: punto singolare di linea posto su determinati tratti in galleria adibito all'allontanamento dei viaggiatori in caso di emergenza.

DEF: un'operazione di movimento è un'operazione di regolazione della circolazione che necessita nella manovra di deviatori o altri dispositivi che modificano la configurazione del piazzale

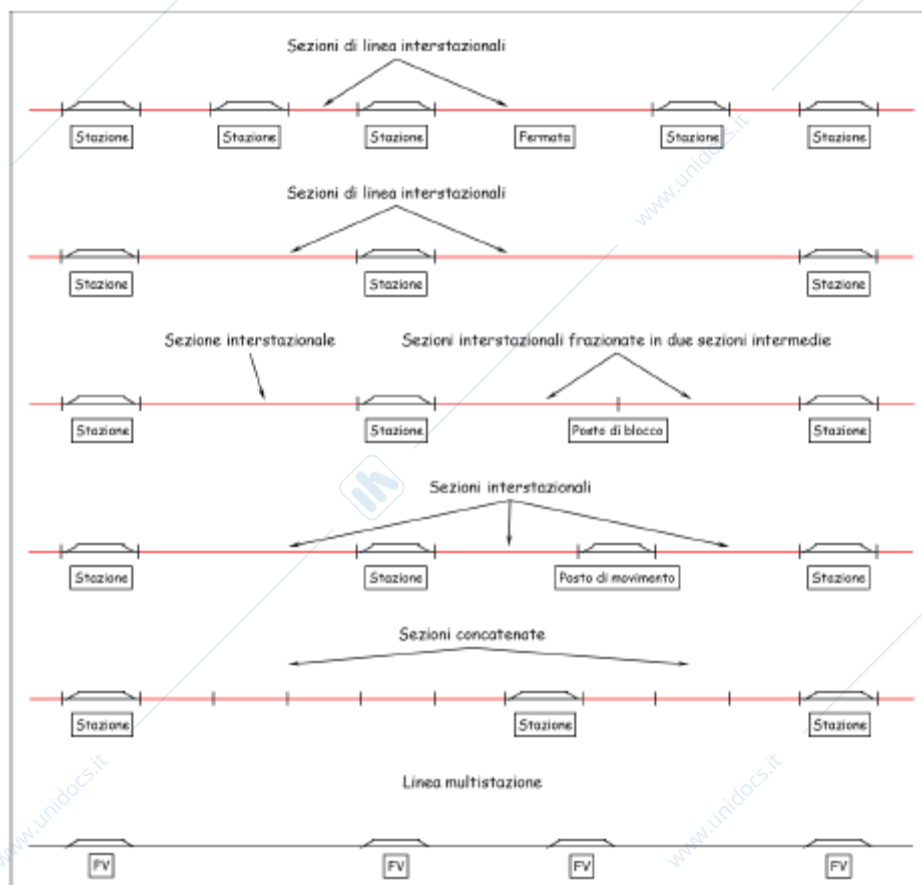
PRESENIAMENTO di un stazione abilitata al movimento → condizione di servizio di una stazione nella quale la circolazione dei treni è regolata da un agente abilitato (DM).

IMPRESENIAMENTO di un stazione abilitata al movimento → condizione di servizio di una stazione nella quale la circolazione dei treni è regolata da un DM situato in un'altra stazione o in un PC.

A livello di **impianti**, lungo l'infrastruttura ferroviaria, possiamo distinguere:

- **SCALO MERCI**: fascio di binari usato per la sosta di carri merci durante il carico/scarico e per le operazioni di manovra dei carri;
- **SCALO DI SMISTAMENTO**: impianto adibito al ricevimento, alla suddivisione, alla ricomposizione e all'invio dei veicoli trasportanti merci di vario tipo;
- **DEPOSITO LOCOMOTIVE** o **IMPIANTO FORMAZIONE TRENI** → vd. Cassano;
- **RIMESSA LOCOMOTIVE**;
- **OFFICINA LOCOMOTIVE, ROTABILI, VEICOLI, SQUADRA RIALZO**.

Vediamo infine, quella che è la **struttura funzionale delle linee** → [aggiungere COMMENTI ai vari casi](#)



Elementi fondamentali

PRINCIPI GENERALI

La *regolazione della circolazione ferroviaria* è la disciplina delle operazioni necessarie per permettere la marcia dei treni rispettando rigorosamente le seguenti condizioni:

- **REGOLARITA'**: è l'*obiettivo* del sistema → deve essere assicurato all'utenza di poter accedere al servizio ferroviario in punti definiti della rete (stazioni & fermate) e in istanti programmati (orario);
- **SICUREZZA**: è un *vincolo* del sistema → è da evitare qualsiasi tipo di interferenza e di collisione tra due treni e tra un treno e un ostacolo posto lungo una linea ferroviaria.

EFFICACIA → soddisfa esigenze della domanda; EFFICIENZA → riguarda la produzione del servizio;

Il *programma di esercizio teorico (Circolazione programmata)* è il piano che definisce la produzione del servizio per il soddisfacimento della domanda sul quale si regola la circolazione rispettando vincoli e condizione → in base alle caratteristiche tecniche delle linee e del materiale rotabile. Esso si può concretizzare in due aspetti:

- **CIRCOLAZIONE REALE** (Esercizio reale): attuazione del programma teorico, con eventuali perturbazioni;
- **CIRCOLAZIONE PERTURBATA**: conduzione di esercizio caratterizzata da scostamenti significativi tra il programma teorico e la circolazione reale (guasto a treno/impianto) → in tali condizioni viene sacrificata la regolarità mentre la sicurezza deve rimanere inalterata.

EVENTI DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO

Gli **eventi accidentali** sono definiti come eventi causati da fenomeni non prevedibili con certezza aventi, di solito, effetti perturbativi sulla circolazione o, nei casi peggiori, effetti dannosi su persone o cosa. Essi vengono divisi in: *eventi attivi* → si manifestano durante la circolazione di un treno aventi conseguenze, sugli altri treni e sul sistema (Andria-Corato 2015); *eventi esterni* → eventi attivi che coinvolgono anche l'ambiente esterno al sistema; *eventi passivi* (Viareggio 2009) → eventi originati al di fuori del sistema ferroviario aventi conseguenze al suo interno (frane, alluvioni).

Questi eventi sono caratterizzati da una **probabilità** (prevenzione) e da una **magnitudo** (protezione); forniamo un breve elenco dei più comuni:

- **OSTACOLI NATURALI**: sono elementi estranei al sistema ferroviario che ne invadono la sede ostacolando la circolazione (*eventi passivi*) → barriere protettive (difesa passiva → riduco vulnerabilità) e rilevatori fisici/ottici (protezione attiva → riduco esposizione);
- **OSTACOLI STRADALI**: indebita presenza di autoveicoli nei punti di intersezione a raso tra rete stradale e ferroviaria (*eventi passivi*) → PL (difesa passiva) e rilevatori fisici/ottici (protezione attiva);
- **GUASTO TECNICO**: cessazione dell'attitudine di un componente tecnologico all'esecuzione della funzione che deve svolgere. Più nello specifico distinguiamo ANOMALIA (insieme di guasti ed errori comportamenti) ed AVARIA (stato di inefficienza di un componente, con ricadute sull'impianto che pregiudica sicurezza e regolarità). Esistono diverse **PROBABILITA' DI GUASTO**: progettazione inadeguata, fabbricazione non conforme, installazione scorretta, usura, utilizzazione scorretta e manutenzione non efficace.

Un guasto si può manifestare in diverse maniere: **condizionale** (preallerta → assenza di degrado, ma degenera in guasto funzionale), **incipiente** (primi segni di degrado, può passare direttamente a catastrofica), **imminente** (percettibile decadimento delle funzioni di un impianto → perdo regolarità

ma garantisco sicurezza interrompendo il servizio), attuale (carena di sicurezza → degrado effettivo) e catastrofica (cessazione delle funzioni di un impianto → danni a persone/cose).

Per ridurre/eliminare la probabilità di insorgenza di un guasto si ricorre alla **manutenzione** (→ *combinazione di operazioni tecnico/gestionali da attuare durante il ciclo di vita di un impianto/veicolo, volte a garantire l'efficacia delle sue funzioni conseguendo un'efficienza accettabile*).

La fase precedente la manutenzione è quella dell'ANALISI DI RISCHIO: permette di stimare le probabilità di guasto (*prevenzione*) di ogni componente e dei vari sistemi e di formulare previsioni delle possibili conseguenze in termini di regolarità (*protezione + piani d'intervento*) e sicurezza (*protezione + manutenzione*).

PREVENZIONE DEL RISCHIO: manutenzione programmata che riduce al minimo la probabilità di guasto → sostituzione di componenti in condizione di guasto incipiente, o meglio ancora condizionale. La prevenzione si adotta quando non pregiudica la sicurezza ma solo la regolarità → quando il guasto perturba l'esercizio si attua un *piano di intervento* per minimizzare tali perturbazioni. Se la prevenzione non risulta adeguata si ricorre alla manutenzione correttiva (riparazione/sostituzione).

PROTEZIONE DAL RISCHIO: adozione della FAIL SAFE (sicurezza intrinseca) → il sistema evolve automaticamente in una condizione di degrado → evita che guasto imminente/attuale diventi catastrofico.

- INFORTUNI: eventi traumatici generati da cause violente, si manifestano sul posto di lavoro e colpiscono il personale di servizio;
- INCIDENTI: eventi attivi interni/esterni che colpiscono utenti, beni materiali e immateriali → la loro prevenzione è l'obiettivo più importante della sicurezza ferroviaria.

EFFETTI ESTERNI: eventi di rischio attivo che provocano conseguenze dannose su persone e ambiente esterni alla ferrovia. Si dividono in **continuativi** (emissioni inquinanti, acustiche e consumo energie per produzione servizio) e **accidentali** (incidenti propriamente detti).

Anche tra gli eventi programmabili troviamo gli OSTACOLI LONGITUDINALI che però stavolta si concretizzano negli altri treni circolanti → la loro gestione è il fulcro della sicurezza ferroviaria e si attua con la *regolazione della circolazione*.

REGOLAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE

Lo scopo è quello di disciplinare la circolazione impedendo l'ingresso di un treno in una sezione già occupata → *ogni treno deve circolare regolarmente sul binario che gli è stato assegnato senza incontrarvi ostacoli longitudinali costituiti da treni fermi o in movimento*. Questo scopo viene raggiunto tramite il **distanziamento** → mantenimento di una distanza superiore allo spazio di arresto tra un treno e quello che lo precede (sia nello stesso senso che in senso opposto).

Per i treni il linea, il **distanziamento** è disciplinato dai regimi di circolazione, attuati rispettando i regolamenti d'esercizio e utilizzando impianti tecnologici. La circolazione in stazione è invece attuata con gli apparati centrali (impianti → definizione itinerari evitando conflitti con altri veicoli).

- *linea a circolazione ETROTACHICA*: i treni hanno diverse velocità ed accelerazioni → conflitti tra vari treni → servizio misto: treni veloci (0 fermate), regionali (fermate intermedie) e merci;
- *linea a circolazione OMOTACHICA*: i treni svolgono servizio omogeneo (stesso diagramma di trazione). In questo caso i conflitti si hanno solo se due treni percorrono lo stesso binario in senso opposto o quando un treno in marcia è preceduto, a breve distanza, da un treno fermo.

Al fine di evitare i conflitti descritti sopra le operazioni di distanziamento si devono organizzare come segue:

- *distanziamento*;
- *precedenza*: arresto in stazione di un treno lento per permettere il sorpasso da parte di un treno più veloce;
- *incrocio*: arresto in stazione di un treno fintantoché i treni circolanti nel verso opposto non liberano il tratto successivo di linea.

Incroci e precedenze si possono fare in PM in cui è presente almeno un altro binario, oltre a quello di corsa (sotto la responsabilità di un DL o di un DC). Quando la circolazione reale è perturbata è necessario procedere con lo **spostamento di incroci e precedenze** (solo le ultime nel caso di doppio binario) → tali operazioni sono molto delicate → se la circolazione è assistita da collegamenti di sicurezza il rischio di conflitto è quasi nullo.

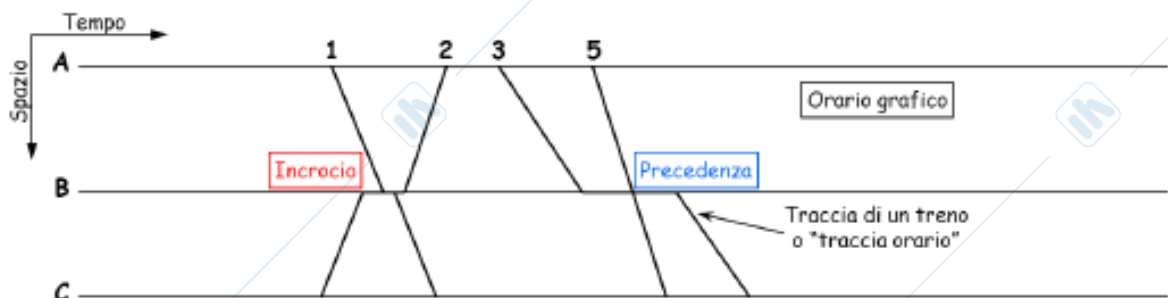
Si definisce **orario di servizio** l'insieme dei documenti che esplicitano il programma di esercizio teorico. Esso è così strutturato: disposizioni generali (info sulla formazione treni in base alle caratteristiche della rete), disposizioni permanenti (caratteristiche tecnico-funzionali di linee e stazioni), disposizioni temporanee (modalità di esercizio variabili di anno in anno) e orario dei treni (programmazione di ogni singolo treno → categoria, numero, composizione, velocità massima, massa rimorchiata, massa frenata, orario di arrivo/partenza e transiti nei posti di servizio).

CARAT. VEICOLI + CARAT. LINEA → DIAGRAM. DI TRAZIONE → TEMPI DI PERCOR. → TRACCE ORARIE

L'orario d'esercizio viene formulato in base alle caratteristiche funzionali dell'infrastruttura, a quelle prestazionali del materiale rotabile e in base ad eventuali elementi che vincolano la circolazione → il programma di esercizio è fatto in modo tale da evitare i conflitti → in teoria, il rigoroso rispetto dell'orario di servizio garantisce la sicurezza della circolazione.

Esistono diverse tipologie di orario di servizio:

- orario GRAFICO: diagramma spazio-tempo riportante i treni circolanti lungo ogni linea, descrivendo istante per istante la posizione di ogni singolo treno → formulazione programma di esercizio. In questo tipo di orario l'inclinazione della retta, se la lunghezza delle tratte è proporzionata a quella reale, rappresenta la velocità. Il concetto delle sezioni di blocco si concretizza nel concetto di *occupazione* (rettangolo compreso tra due stazioni → non può essere impegnato da altri treni);



- orario NUMERICO o DI SERVIZIO: orario di servizio di ogni singolo treno a uso del personale addetto alla trazione e a quello di scorta ai treni → info per la marcia di ogni singolo treno + operazioni accessorie;
- orario PUBBLICO: tabelle disponibili all'utenza contenenti le info utili per l'uso del servizio.

Il **controllo della marcia di un treno** ha come finalità l'attuazione del *modello di esercizio espresso nell'orario* → regolarità (obiettivo) + sicurezza (vincolo) → ciascun treno deve circolare sul binario assegnatagli, senza incontrare ostacoli imprevisti e con la possibilità di arrestarsi in tempo per evitare un ostacolo → quindi la lunghezza dello spazio di completo arresto è **elemento determinante per la sicurezza**.

Lo spazio completo di arresto è: $s_a = \frac{v^2}{2d} + s_p + s_r + s_i$ → spazio di frenata + spazio di percezione dell'ostacolo da parte del conducente + spazio di reazione del macchinista dopo la percezione dell'ostacolo + spazio di intervento dell'impianto frenante dopo la reazione → $s_k = t_k * v_{in}$.

Definiamo ora la distanza di visuale libera come *la distanza di visibilità di un ostacolo, compreso tra un treno in marcia a velocità v e un ostacolo fermo nell'istante in cui il macchinista ha la possibilità di percepirla* (varia da un minimo di 0 m ad un massimo di poche centinaia di metri in condizione ottimali) → dipende dal tracciato (tortuosità, pendenze), dal meteo (nebbia, pioggia) e dalla luminosità (notte, giorno).

Quando $s_{arresto} < s_{visuale\ libera}$ è possibile la **marcia a vista** (in condizioni di sicurezza) → regolazione della marcia in base al riconoscimento di un ostacolo con la possibilità di arrestare il treno prima di raggiungerlo.

$$\text{- spazio di frenatura } s_f = \frac{v^2}{2d} = \frac{v^2 m}{2F_f} \quad \text{- spazio di arresto } s_a = \frac{v^2 m}{2F_f} + s_m$$

- v = velocità istantanea massima → velocità commerciale → qualità del servizio offerto
→ tende ad assumere valori molto elevati $\approx 140 \div 350$ km/h

- m = massa del treno → potenzialità del servizio, redditività economica della gestione
→ tende ad assumere valori molto elevati $\approx 500 \div 2000$ t

- F_f = forza frenante → limitata da: tecnologia, aderenza, condizioni di marcia ed esterne
→ $\approx 500 \div 1200$ kN

- s_m = spazio "morto" = $s_p + s_r + s_i = (t_p + t_r + t_i)v = (t_p + t_r + t_{i1} + t_{i2})v$

- t_{i1} = tempo di accostamento degli organi frenanti $\approx 1 \div 2$ s

- t_{i2} = tempo di pieno serraggio degli organi frenanti

$\approx 2 \div 4$ s per treni viaggiatori

$\approx 20 \div 40$ s per treni merci

- F_f/P = efficacia del freno = $\lambda f'$

- λ = percentuale di massa frenata

- f' = coefficiente di attrito

$$\text{Ip.: } d = 0,7 \text{ m/s}^2, \quad t_p + t_r = 1 \text{ s}, \quad t_i = 4 \text{ s}$$

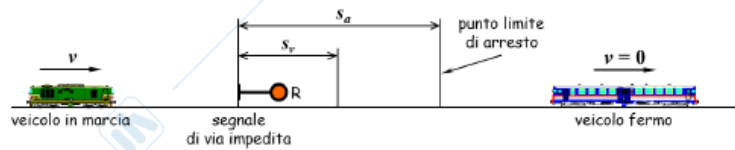
V	[km/h]	20	40	60	80	100	120	140	160	200	300
v	[m/s]	5,6	11,1	16,7	22,2	27,8	33,3	38,9	44,4	55,6	83,3
a	[m/s ²]	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
s_f	[m]	22	88	198	353	551	794	1080	1411	2205	4960
$t_p + t_r + t_i$	[s]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$s_p + s_r + s_i$	[m]	28	56	83	111	139	167	194	222	278	417
s_a	[m]	50	144	282	464	690	960	1275	1633	2482	5377

In base alla tabella soprastante, è chiaro come la marcia a vista non sia normalmente adottata (solo tratte e linea tramviarie in ambito urbano → basse masse e basse velocità); infatti, lo spazio di arresto è molto più lungo della distanza di visuale libera e la velocità di marcia a vista sarebbe eccessivamente bassa (5-10 km/h → sole condizioni di emergenza).

Il superamento dei limiti imposti dalla marcia a vista avviene tramite appositi impianti che segnalano al macchinista il punto di arresto ad una distanza superiore a quella di visuale libera → presenza di un **segnale**

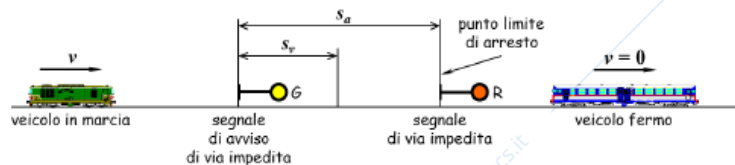
di via impedita (prima del punto di arresto a una distanza superiore allo spazio di arresto) → questo segnale è in forma visiva → tramite combinazioni di colori, luci e forme.

Segnalamento di 2° categoria (sistema abbandonato)



posizionamento del segnale di arresto a distanza $\geq s_a$ dal punto protetto
il treno inizia a frenare quando scorge il segnale - il segnale può essere superato fino al punto limite

Segnalamento di 1° categoria



segnale di arresto preceduto da un segnale di avviso a una distanza $\geq s_a$
il treno inizia a frenare quando scorge il segnale di avviso
il segnale di via impedita coincide con il punto limite e **NON** può essere superato

Vediamo ora quali sono le **operazioni necessarie** del **distanziamento teorico**:

1. **OSSERVAZIONE** del sistema: ci sono treni sulla linea? dove? possono collidere? → stato della circolazione; **1bis.** → verifica dell'integrità dei treni;
2. **CONTROLLO** del sistema: descrizione delle prescrizione di marcia dei treni;
3. **COMUNICAZIONE** terra-treno: trasmissione delle prescrizione ai treni.
4. **ATTUAZIONE** delle prescrizioni da parte del personale di condotta → in base a quanto sancito dalle prime tre operazioni → tramite comunicazione TERRA -TRENO.

Le prime 3 operazioni quando sono svolte dall'uomo sono affette da **vulnerabilità***. In riferimento a tutte e 4 → esse non permettono la sicurezza completa (*) e devono essere attuate con qualsunque regime di circolazione → le modalità di attuazione poi dipendono dal tipo di regime e dalla tecnologia degli impianti.

Le operazioni **eventuali** del **distanziamento effettivo** sono le seguenti:

5. **RETROAZIONE** del sistema: verifica dell'adempimento delle prescrizioni;
6. **INTERVENTO**: eventuale degrado della marcia del treno → per effetto dei collegamenti di sicurezza, quando il conducente non assume un comportamento compatibile con quelle che sono le prescrizioni.

Queste operazioni permettono di conseguire la sicurezza completa e sono attuabili soltanto con alcuni regimi di circolazione e con impianti tecnologici evoluti. Vediamo ora nel dettaglio le prime 3:

- **OSSERVAZIONE** →
 - *localizzazione da terra indiretta*: la sezione è considerata occupata dal momento in cui vi si autorizza un treno ad entrarvi, sarà libera dal momento in cui il treno vi esce;
 - *localizzazione da terra diretta*: ogni sezione è dotata di apparati tecnologici sensibili alla presenza di veicoli, il rilievo della presenza/assenza di un treno è automatico;
 - *localizzazione da bordo del treno*: ogni treno rileva e comunica al PC posizione e velocità, nella linea non vi sono sezioni di blocco e le telecomunicazioni avvengono via radio;

- **CONTROLLO** →
 - *prescrizioni di arresto e via libera*: se una sezione è occupata se ne impedisce l'accesso da parte di altri treni, quando la stessa sarà libera il treno successivo potrà entrarvi;
 - *prescrizione della velocità*: ad ogni treno si prescrive una velocità compatibile con lo spazio di arresto rispetto al treno che lo precede (sistema RADIO);
- **COMUNICAZIONE TERRA-TRENO**:
 - *arresto/via libera all'occupazione di una sezione*: può essere fatto sia in modo manuale-visivo (personale con bandiera/paletta) o tramite impianto di segnalamento luminoso;
 - *velocità da mantenere lungo la linea*: comunicazione radio delle condizioni di marcia di ogni treno.

Affrontiamo adesso il problema della **sicurezza dell'esercizio** con alcune precisazioni:

- **regolarità** → obiettivo della produzione del servizio → soddisfacimento delle aspettative della domanda:
 - rispetto del programma dichiarato nei contratti di servizio tra Imprese Ferroviarie ed utenza;
 - massimizzazione della velocità commerciale;
 - massimizzazione della massa trasportata dai treni merci;
- **sicurezza** → vincolo restrittivo necessario per annullare tendenzialmente il rischio d'incidente → rischio di provocare danni a persone, cose e all'ambiente;

Da quanto detto sopra, appare chiaro come regolarità ed esercizio siano in **contrapposizione**: detto ciò, non ha senso massimizzare la sicurezza, in quanto essa è massima solo a treni fermi!!!

Con **organizzazione della sicurezza** si intende la **definizione precisa di tutte le mansioni del personale** (nelle varie condizioni di esercizio) → per ottenere tale risultato ci si serve dell'**analisi del rischio** associato ad ogni attività dell'esercizio e ad ogni impianto tecnologico implementato. L'effetto più evidente dell'organizzazione è la definizione del **programma di esercizio teorico** (orario di servizio) sul quale si regola la circolazione con requisiti di regolarità e sicurezza.

SAFETY: riguarda gli **eventi accidentali interni** al sistema derivanti da guasti agli impianti o comportamenti anomali del personale nonché gli **eventi passivi esterni** derivanti da ostacoli o calamità naturali → è **vincolo** dell'esercizio ferroviario.

SECURITY: riguarda gli **atti dolosi** intenzionali compiuti con finalità criminose o terroristiche → la **prevenzione** è affidata alle forze di polizia, mentre la **protezione** è un elemento dell'esercizio ferroviario.

Definiamo **RISCHIO** come *il numero di persone (UTENTI + PERSONALE DI SERVIZIO) che subiscono la morte a causa di un evento di una data intensità che si manifesta in un dato riferimento temporale legato alla frequenza con la quale ci si può aspettare che esso avvenga*. Oltre alla perdita di vite umane, il rischio può essere legato al ferimento o al danno economico (causato da distruzione o interruzione del servizio).

Con **PERICOLO** invece si intende *qualsiasi fonte di insidia o di danno a prescindere dalle probabilità di accadimento e dalle sue possibili conseguenze*.

Come sappiamo, il **rischio** ha **diverse componenti** → **probabilità** (n° eventi/intervallo temporale), **conseguenze** (numero di danni provocati da un evento di data intensità), **vulnerabilità** (predisposizione di cose o persone a subire un danno da un evento di data intensità) ed **esposizione** (numero degli addetti/utenti che *possono* subire un danno se coinvolte in un evento incidentale → concetto che possiamo estendere anche al "valore di cose" o al prodotto di attività economiche del territorio servito).

Forniamo un elenco degli **interventi di gestione del rischio**:

- **previsione**: operazione 1 (osservazione del sistema) → stima eventi prevedibili evidenziando le possibili condizioni di collisione;
- **mitigazione**: limitazione del rischio nel suo complesso → conseguimento della sicurezza;
- **prevenzione**: operazione 2 (controllo del sistema) → evitare collisione (distanziamento) ed evitare guasti (manutenzione preventiva);
- **protezione**: degrado del servizio (limitazione delle conseguenze) → riduco regolarità per garantire la sicurezza;
- **difesa** (limitazione delle vulnerabilità): eliminazione conflitti con traffico stradale, arresto circolazione, realizzazione opere di contenimento degli effetti delle calamità naturali;
- **localizzazione dei recettori ed evacuazione** (riduzione del n° di recettori di un danno): evacuazione degli utenti dell'area interessata da un incidente (es: galleria);
- **monitoraggio**: presupposto alla retroazione del sistema → operazione 5;
- **interventi di degrado**: rimedio alla carenze di prevenzione e difesa → operazione 6;
- **gestione dell'emergenza**: redazione di piani di intervento ed esecuzione di esercitazioni;
- **riparazione dei guasti**: manutenzione correttiva.

FAIL SAFE: rilevamento automatico/spontaneo di errori comportamentali/guasti agli impianti → intervento automatico di provvedimenti di degrado delle prestazioni finalizzati a:

- riportate il sistema in condizioni di sicurezza;
- annullare la probabilità di ulteriori anomalie o guasti più gravi;
- estinguere le condizioni di vulnerabilità del personale e degli utenti.

RIDONDANZA: affidamento a due o più elementi la stessa funzione → in caso di anomalia di un elemento ne interviene automaticamente un altro → la ridondanza umana è insidiosa → porta a trascurare il proprio compito!!!

Degrado del sistema

abbattimento delle possibili conseguenze di un evento anomalo
per evitare che un guasto incipiente o attuale degeneri in un guasto catastrofico

rinuncia alla regolarità pur di garantire la sicurezza

- **degrado parziale**
 - riduzione della velocità a un valore che eviti l'occorrenza di un incidente
- **degrado completo**
 - arresto di emergenza della marcia di un treno
 - in molti casi l'arresto di un treno può essere evitato imponendogli la marcia a vista
- **degrado assoluto**
 - arresto della circolazione

Vulnerabilità del sistema

- vulnerabilità di Tipo 1: erroneo accertamento manuale dell'occupazione delle sezioni
 - il personale del movimento considera libera una sezione nella quale è entrato un treno in partenza dalla propria stazione
- vulnerabilità di Tipo 1 bis: mancata verifica dell'integrità dei treni
 - il personale del movimento non verifica che un treno giunto nella propria stazione sia completo pertanto è possibile che alcuni veicoli siano rimasti nella sezione considerata libera
- vulnerabilità di Tipo 2 - erronea definizione delle prescrizioni di arresto
 - il personale del movimento, pur avendo accertato che una sezione sia ancora occupata, autorizza la partenza di un treno verso di essa, per es. per una erronea comunicazione terra-terra
- vulnerabilità di Tipo 3 - erronea comunicazione terra-treno
 - il personale del movimento dispone a via libera un segnale che protegge una sezione occupata
- vulnerabilità di Tipo 4 - erronea attuazione delle prescrizioni
 - il personale di condotta dei treni non rispetta le prescrizioni di arresto fornite dai segnali

Operazioni 5 e 6

Assenza di vulnerabilità - Eliminazione della Vulnerabilità 4